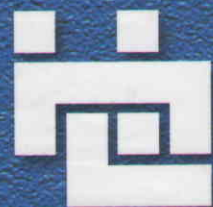


В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак

КАРКАСНЫЕ СИСТЕМЫ ОБЛЕГЧЕННОГО ТИПА



УДК 624.04:539.3

ББК 38.5

Ш 75

*Рекомендовано к печати Ученым советом
Харьковской национальной академии городского хозяйства
(протокол № 11 от 2 июля 2008 г.)*

Рецензенты: *А.Я. Барашиков*, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, заведующий кафедрой железобетонных конструкций Киевского национального технического университета строительства и архитектуры;

Д.Ф. Гончаренко, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, проректор по научной работе Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры.

Шмуклер В.С.

Ш 75 Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. — Харьков: Золотые страницы, 2008. — 336 с.

ISBN 978-966-400-117-2

Монография посвящена вопросам проектирования и возведения каркасных систем специального вида. При этом процесс формирования рассматриваемых конструкций основан на принципах и методах прямого проектирования. Он представляет собой двуединую процедуру, интегрирующую непосредственное конструирование и технологию производства элементов. Эксплуатация методов прямого проектирования обеспечивает придание предложенным конструктивам рациональных параметров.

Значительное место в книге уделено анализу результатов экспериментального тестирования разработанных конструкций, проведенного на натурных образцах, подверженных нормальному и аномальному воздействиям.

Особое место в рамках изложенного подхода занимают вопросы использования в проектировании и строительстве арматурного проката по ДСТУ 3760-98.

Книга предназначена для инженеров и научных работников, занятых проблемами проектирования и возведения строительных конструкций; она может быть полезна также преподавателям и студентам строительных специальностей.

УДК 624.04:539.3

ББК 38.5

ISBN 978-966-400-117-2

© В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак, 2008

Предисловие.

*Зданиям ходить по траве
воспрещается.*

Разработка архитектурно-конструктивных систем, а также методов их проектирования и возведения была и остаётся актуальной проблемой для строительной техники. При этом, совершенно очевидно, что современное состояние вещей требует создания и эксплуатации новых подходов, и в первую очередь, направленных на гармонизацию человека с природой. Сказанное, в полной мере, относится как к принципам поиска структуры искусственных сооружений, так и к способам их размещения и возведения. Здесь, по-видимому, уместно вспомнить четыре простых закона экологии, сформулированных Б. Коммонером [84]:

- ✓ всё связано со всем;
- ✓ всё должно куда-то деваться;
- ✓ природа знает лучше;
- ✓ ничего не даётся даром.

Как следствие, проектируя конструкции зданий и инженерных сооружений, выбирая одновременно технологии производства их элементов и способов строительства, следует отказаться от бионегативных, т.е. наносящих вред природе, сооружений, удовлетворяя правилам создания как минимум, бионейтральных, а лучше – биопозитивных, помогающих развитию природы, систем.

В [84] отмечается, что традиционные здания для массовой застройки на пологих участках являются бионегативными, так как при строительстве на много лет отторгается земля, причём площадь и толщина земли практически полностью исключаются из круговорота веществ. Кроме того, после окончания функционирования здания очень затруднительно или даже невозможно вернуть занятую им территорию в первоначальное состояние "зелёной лужайки". Любое здание или инженерное сооружение с традиционными конструктивными и технологическими решениями, таким образом, создаёт помехи в экосистемах: прерывает энергетический поток, уменьшает или исключает места локализации экологических ниш, нарушает обмен популяционной информацией.

Основная проблема, рассматриваемая при разработке конструктивных и технологических решений зданий и сооружений, - это создание таких конструкций и технологий, которые бы позволяли:

- ✓ не отторгать земли, пригодные для сельскохозяйственного, лесохозяйственного,

рекреационного использования, создания заповедных зон и участков естественной живой природы, для целей строительства;

- ✓ не закрывать или минимально закрывать поверхность земли, не создавать ниже поверхности земли непроницаемых экранов, чтобы не прерывать естественное испарение, движение ливневых и грунтовых вод, не создавать препятствий для деятельности животных в почве;
- ✓ возвращать в естественное, природное состояние участки территории после окончания срока эксплуатации здания, сооружения и его разборки;
- ✓ сделать все наружные поверхности стен и кровли озеленяемыми;
- ✓ максимально вписывать здания в ландшафт, делать их пропорциональными ландшафту;
- ✓ исключить внесение загрязнений в окружающую среду от эксплуатации зданий;
- ✓ утилизировать отходы, использовать источники возобновляемой энергии [36, 37, 84].

Экологические требования к технологии и организации строительства должны быть учтены на всех стадиях – от разработки вариантов проекта до проработки вопросов возможной реконструкции или будущей разборки объекта после выполнения им нужных функций (таблица П.1).

Таблица П.1 (начало)

Требования к экопозитивным технологиям строительства [84]		
№	Атрибут строительства	Требование
1	2	3
1	Строительная площадка	<p>Её размеры в плане должны быть минимальными, т.е. в пределах её площади должно находиться лишь строящееся здание или сооружение и дополнительно минимально необходимая площадь для проезда, размещения монтажных механизмов и бытовых помещений. Складские помещения отсутствуют, монтаж производится "с колёс".</p> <p>Существующий почвенный слой в пределах котлована заранее должен быть снят и перевезен в место его новой укладки (например, для рекультивации), а почвенно-растительный слой и растительность рядом с будущим объектом должны быть полностью сохранены и защищены от загрязнения и уничтожения.</p>
2	Автодороги	<p>Для полного сохранения или восстановления естественного состояния почвенно-растительного слоя временные автодороги должны быть инвентарными, полностью удаляемыми после окончания строительства (например, из сборных решётчатых плит).</p> <p>Наличие проёмов позволяет не уничтожать растительность, устраняет присос поверхности плит к грунту. Ещё более экологичным является устройство дорог, поднятых над поверхностью земли на небольшую высоту, путём укладки плит на промежуточные П-образные или Т-образные опоры. Все стоянки могут быть выполнены из решётчатых железобетонных плит с озеленением проёмов, причём размер проёма должен быть меньше отпечатка колеса автомобиля. При движении автомобиля трава, выросшая выше уровня верха плит, подрезается колёсами.</p>

Таблица П.1 (продолжение)

1	2	3
3	Подъёмно-транспортное оборудование	Желательно максимальное использование оборудования, не требующего специальных дорог, путей для движения, например, подвесной транспорт. Двигатели подъёмно-транспортного оборудования должны быть экологически чистыми (на электричестве, природном газе, жидком водороде), чтобы не загрязнять воздух.
4	Оборудование для земляных работ и устройства фундаментов	Необходимо применять оборудование (зависящее от конкретных конструктивных решений), не вызывающее интенсивных динамических, в том числе ударных, нагрузок. Желателен отказ от свайного оборудования, мощных трамбовок, вибраторов, рыхлителей, различных механизмов для ударной разработки, рыхления, уплотнения грунта. Лучше использовать бурение грунта, его разработку экскаваторами, скреперами.
5	Инструмент	Не следует применять строительный инструмент, способствующий обильному выделению пыли (шлифовальные машины без улавливания пыли и др.), создающий недопустимые колебания высоких или низких частот без их гашения (пилы, дрели, строительные пистолеты и др.), ударные нагрузки высокой интенсивности; инструмент, загрязняющий среду отходами (например, штукатурные сопла, допускающие большое количество отходов раствора), и т.д.
6	Временные помещения	Все эти помещения нужно выполнять в виде блоков с полной внутренней отделкой, завозимых на площадку и монтируемых на точечных опорах над поверхностью земли, на высоте, обеспечивающей рост травы и мелких кустарников.
7	Снабжение теплом, электроэнергией, водой	Для временного снабжения теплом и электроэнергией необходимо использовать возобновляемые источники энергии, в первую очередь – солнечную энергию (гелио-коллекторы, солнечные электростанции), ветродвигатели (особенно для питания водяных насосов). Водоснабжение желательно выполнять по замкнутой схеме, с очисткой и вторичным использованием воды.
8	Рекомендуемые виды материалов	Рекомендуется использование строительных материалов, не загрязняющих окружающую среду при их транспортировке и использовании: заранее изготовленные блоки, плиты, рулонные материалы; для устройства стен и перекрытий – готовые блоки с минимальными допусками при изготовлении и тонкими швами; для изоляции – плиты, маты; для отделки – рулонные материалы, плиты. Не рекомендуется применять материалы, выделяющие пыль, влагу, газы, механические частицы в окружающую среду.
9	Отходы строительства	Все отходы в виде боя кирпича, бетона, стекла, плитки, некондиционных железобетонных изделий, обрезков стали, электродов, песка, щебня, обрывов рулонных материалов, тары лакокрасочных материалов и т.д. необходимо собрать в специальные контейнеры и отвезти на утилизацию (как правило, на заводах стройиндустрии) На выезде со стройплощадки должна быть смонтирована установка для мытья машин и механизмов, чтобы загрязнения не выносились за пределы площадки.

Перечисленное предопределило разработку архитектурно-строительных систем, удовлетворяющих требованиям удобств проживания и художественной выразительности сооружений, а также необходимым экологическим, инженерным и экономическим ограничениям. Как следствие, при создании предлагаемых систем использован прямой, а не традиционный обратный подход, в основе которого лежит формулировка критериев и ограничений, на множестве которых производится конструирование, а не проверка априори заданных решений. Сложность постановки подобных задач очевидна в силу их

многофакторности и многокритериальности, порождаемых нелинейностью физических и геометрических связей между параметрами, определяющими решение.

Отсутствие общих методов решения прямых, то есть оптимизационных, задач, ограничения, имеющие место при рабочем проектировании, определили необходимость введения понятия "рациональной" конструкции или системы. При этом, кроме условий, обозначающих этот термин, широко использовались принципы и приёмы, сформулированные в разное время выдающимися инженерами-учёными: В.З. Власовым, А.А. Гвоздевым, Дж. Гордоном, Ю.А. Дыховичным, А.Ф. Ллолейтом, В.В. Михайловым, П.Л. Нерви, Н.В. Никитиным, В.Я. Павилайненем, С.В. Поляковым, А.Р. Ржаницыным, Н.С. Стрелецким, А.Н. Тетиором, С.П. Тимошенко, Б. Фулером, В.В. Ханджи, В.Г. Шуховым и многими другими. Понятие "рациональная конструкция" удалось несколько конкретизировать и трансформировать благодаря интереснейшим идеям и исследованиям Г.В. Василькова.

Монография состоит из пяти глав. В первой главе даны основные теоретические построения, фундирующие предлагаемые конструктивные разработки. В связи с чем, вся информация представлена в виде блоков включающих:

- ❖ построение метода решения задачи определения рациональных параметров конструктивных систем;
- ❖ итерационные процедуры учёта особенностей нелинейного деформирования элементов конструкций;
- ❖ перечень "критериев рациональности" формируемых конструктивов;
- ❖ алгоритмы проектирования конструкций с простой внешней и сложной внутренней геометрией;
- ❖ правила учёта последовательности возведения зданий и сооружений;
- ❖ методы приближённого решения многокритериальных и многоэкстремальных задач оптимизации параметров конструкции.

Во второй главе даны основные принципы построения новых архитектурно-строительных систем с рациональными параметрами. Продемонстрированы особенности и конструктивные нюансы систем "РАМПА", "ИКАР", "ДОБОЛ", предназначенных для жилищно-гражданского строительства. Рассмотрена структура каталогов конструктивных элементов упомянутых систем. Представленный материал включает большое количество чертежей и схем, иллюстрирующих достоинства этих конструктивов. В соответствии с фундирующей разработку триадой "конструкция-материал-технология" рассмотрены вопросы подбора основных конструкционных

материалов для элементов систем, а также особенности технологических процессов изготовления и возведения сооружений из них.

Третья глава посвящена проблеме разработки и возведения сборных и монолитных железобетонных и сталебетонных перекрытий нового типа. Кроме описания собственно конструкции, приведены постановка и решение задач определения рациональных параметров рассматриваемых элементов. В частности, для предлагаемых дисков перекрытий установлены качественные и количественные границы изменения компонентов напряжённо-деформированного состояния, на основании чего, произведено сопоставление их с характерными атрибутами, соответствующими традиционным монолитным и сборным дискам перекрытий.

В четвёртой главе приведены результаты экспериментальных исследований конструкций разработанных систем. Особое внимание уделено особенностям проведения испытаний, а также применённым техническим и измерительным средствам, включая элементы автоматизированной системы научных исследований (АСНИ). Показано, что практически все исследования проведены на натурных образцах, подверженных действию силовых и огневых возмущений. Результаты исследований проиллюстрированы значительным количеством графиков и таблиц. На основе полученной информации и её последующего анализа сделаны выводы об эффективности разработанных конструкций.

Пятая глава затрагивает вопросы особенности производства, использования в проектировании и эксплуатации в строительстве арматуры классов A240÷A1000 (ДСТУ 3760-98), к разработке и внедрению которой авторы имеют прямое отношение. Обозначены достоинства данной арматуры, как элемента с заданными рациональными параметрами, что соответствует общей направленности изложенного подхода. Значительное внимание уделено формулировке правил конструирования арматурных изделий и методике расчёта железобетонных конструкций, усиленных арматурой этого типа.

Результаты, приведенные в данной монографии и, в особенности, в части внедрения их в практику проектирования и строительства являются плодом многолетнего труда большого коллектива учёных, архитекторов, конструкторов, технологов и строителей. Авторы с благодарностью называют имена В.Д. Бедима, П.Я. Берштейна, В.М. Бондаренко, Ю.Н. Брусникова, Ю.В. Васильченко, Э.А. Герзона, А.И. Гойшина, А.В. Грановского, В.Н. Гусакова, В.А. Давидовича, Ю.П. Демьяненко, Ч.С. Довнара, А.С. Залесова, В.С. Зеренко, Е.С. Золенко, М.К. Ищука, В.Х. Кар-

па, В.С. Левина, В.Г. Лепина, В.Л. Линкина, С.П. Манько, С.Г. Миркина, Г.А. Молодченко, В.Н. Морозова, Ю.Е. Наконечного, А.Г. Рудя, Е.С. Седышева, Н.Н. Складнева, В.А. Сухоробского, Э.Ш. Тер-Степаняна, С.Н. Фрумина, Ю.М. Хазанова, А.Л. Шагина, Л.Н. Шутенко, внесших достойный вклад в общее дело.

Особую благодарность авторы выражают рецензентам монографии – заведующему кафедрой железобетонных конструкций Киевского национального технического университета строительства и архитектуры, лауреату Государственной премии Украины в области науки и техники, доктору технических наук, профессору Арнольду Яковлевичу Барашикову и проректору по научной работе Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры, лауреату Государственной премии Украины в области науки и техники, доктору технических наук, профессору Дмитрию Федоровичу Гончаренко за внимательное и доброжелательное, но, одновременно критическое, отношение к данному труду.

Для отримання повної версії роботи просимо звертатись за посиланням
<http://hnugh.b77.net.ua/contact-us/>

Для отримання повної версії роботи просимо звертатись за посиланням
<http://hnugh.b77.net.ua/contact-us/>

Некоторые аспекты рационального конструирования и возведения строительных систем.

*Конструкция – оптимальный компромисс
между противоречивыми требованиями.*

Г.В. Новожилов, авиаконструктор.

1.1. Введение

Общесистемные проблемы, определяемые ростом численности населения и связанные с исчерпанием необходимых ресурсов всех видов, экологической и продовольственной безопасностью определяют дальнейшее развитие прямого, то есть рационального проектирования. Данный подход постоянно испытывал попеременные забытие, либо ренессанс, вызванные рядом известных недостатков, характеризующих это направление. К ним, в первую очередь, следует отнести: отсутствие каких-либо общих методов решения оптимизационных задач; существенную связь оптимального решения с количеством и видом нагрузок; незначительную изменчивость варьируемых параметров при конечном отступлении от экстремальных значений критериев и многое другое. Тем не менее, существенному прогрессу во внедрении в практику проектирования прямых методов способствовали, с одной стороны, способы трактовки собственно понятия "рациональное решение", а с другой – широкая эксплуатация метода конечных элементов (МКЭ) [101, 102]. Конечноэлементное моделирование обеспечивает не только эффективное решение обратных задач механики деформируемого твёрдого тела, но и является прекрасным прикладным аппаратом для постановок и реализаций оптимизационных, то есть прямых. Особый класс здесь составляют задачи управления (регулирования) параметрами конструкций и состояний и, в частности, в сочетании с поиском их экстремальных значений. В связи со сказанным, остановимся кратко на некоторых нюансах подобного подхода.

Управление поведением конструкции представляется тем инструментарием, с помощью которого можно не только существенно улучшить её технико-экономические показатели, но и, что самое важное, повысить эксплуатационную надёжность. При этом, наибольший эффект может быть достигнут при регулировании конструктивными параметрами на всех этапах жизни элемента или системы, включая стадию разрушения.

Высокий потенциал принципов и приемов управления определяется, прежде всего, возможностью сочетания при формировании решения последних достижений

теории конструкций и методов их расчета, материаловедения, информатики, средств вычислительной техники, математических методов оптимизации.

Пассивное управление поведением конструкции известно инженерам достаточно давно. В качестве примеров можно привести использование предварительного натяжения, изменение соотношения жесткостей, варьирование формой, материалами и многое другое. Однако, как хорошо известно, на конструкцию в процессе ее жизни действует не одна, а сочетание нагрузок и воздействий несилового происхождения. Подобное обстоятельство приводит к половинчатым решениям, обеспечивая эффективную работу конструкции только при каких-либо фиксированных нагрузках или их сочетаниях. С другой стороны, многообразие априори вводимых управляющих и варьируемых параметров прямо указывает на необходимость привлечения методов прямого проектирования. Однако, ожидание сколь угодно значительного эффекта здесь вряд ли оправдано в силу, опять же пассивности фактора управления. Альтернативой этому могут стать автоматически регулируемые системы, создание которых фундируется методами оптимального управления. Такой подход приводит к появлению конструкций-механизмов. Подтверждением сказанному являются, в частности, труды Н.П. Абовского, Н.В. Баничука, Н.И. Безухова, Е.И. Белени, Р. Беллмана, И.А. Биргера, В.В. Бирюлёва, В.В. Болотина, В.Г. Болтянского, Д.В. Вайнберга, П.М. Варвака, Г.В. Василькова, А.И. Виноградова, А.В. Геммерлинга, И.И. Гольденבלата, А.С. Городецкого, Б. Данцига, А.А. Ильюшина, А.Ю. Ишлинского, Л.В. Канторовича, Л.М. Качанова, В. Комкова, Т. Купманса, А.И. Лурье, Н.Н. Малинина, Н.Н. Моисеева, Л.С. Понтрягина, Ю.М. Почтмана, И.М. Рабиновича, Ю.А. Радцига, М.И. Рейтмана, А.Р. Ржаницина, Д. Рожваны, Н.Н. Складнева, С.П. Тимошенко, А.А. Уманского, В.И. Феодосьева, А.П. Филина, Э. Хога, К. Чоя, Ф.Р. Шенли, и многих других авторов оригинальных методов и решений, составляющих основу современной теории управления параметрами конструкций.

Анализ имеющейся информации позволил сформулировать принципы подхода, интегрирующего в себе некоторые процедуры и алгоритмы, задающие последовательность прямого проектирования рассматриваемых конструктивных систем и обладающие определённой спецификой. В связи с чем, определим основную цель задачи.

Основной целью задачи является трансформация полей напряжений, деформаций (исходные поля), возникающих в системе от заданных воздействий, в некоторые новые (результатирующие поля), отвечающие заведомо оговорённым требованиям. При этом, упомянутая трансформация достигается за счёт конструктивных мероприятий, определяющих корректирующие поля и приводящих к их интерференции. Если подоб-

ная процедура выполняется единожды при создании новой конструкции или при реконструкции существующей, то регулирование (управление) называется пассивным. Если система управления позволяет изменять корректирующие поля одновременно с изменением исходного поля, то управление будет активно.

Принципиальным в данном случае является формулирование требований к виду результирующего поля. В предлагаемой постановке суть проблемы сводится к введению "эталонного" вида напряжённо-деформированного состояния, возникающего в конструкции. Построение "эталонного" напряжённо-деформированного состояния, в значительной степени, сопряжено с понятиями "энергетическая равнопрочность" и "изоэнергетичность", разъяснение которых будет дано в следующих разделах. Здесь отметим, что напряжённо-деформированное состояние (НДС) энергетически равнопрочного элемента принимается за "эталонное" и задача рационализации параметров конструкции формулируется как оптимизационная. При этом, в рассматриваемую задачу оптимизации, кроме основных, вводятся дополнительные ограничения в форме равенств:

$$A_i - B_i = 0, \quad (1.1.1)$$

где $A_i = A_i(\bar{x}_j)$ – матрица неизвестных деформационных и (или) силовых факторов; $\{\bar{x}_j\}$ – вектор управляющих параметров; B_i – матрица "эталонных" значений факторов; j – номер сечения (точки); i – номер фактора.

Физически (1.1.1) выражает требование равенства искомого i -го силового фактора в сечении j заданному. Вместо компонентов напряженно-деформированного состояния в (1.1.1) могут присутствовать внешние силы или геометрические характеристики, определяющие места расположения нагрузок на элементе.

Другой возможной формой задания вида напряженно-деформированного состояния конструкции является:

$$a_{ij}(\bar{x}) \rightarrow \inf, (\sup), \quad (1.1.2)$$

где a_{ij} – элементы матрицы A .

В этом случае, наряду с основным критерием качества мы получим еще один. Исходная задача оптимизации становится векторной, в связи с чем, возрастает степень трудности решения из-за увеличения размерности пространства критериев.

Таким образом, предлагаемый подход, в общем случае, приводит к некоторой многокритериальной задаче условной оптимизации, в которой наряду с традиционными критериями вводятся дополнительные, связанные с видом и характером напряжен-

но-деформированного состояния. Параметрами управления (переменные задачи) являются геометрические характеристики (форма объекта), физико-механические атрибуты, силы предварительного напряжения и др.

В основе решения этой задачи лежит итерационная вычислительная процедура, многократно эксплуатирующая внутри себя метод конечных элементов. Остановимся на описании общей схемы предлагаемого алгоритма.

Пусть для определенности надлежит минимизировать C – стоимость железобетонной строительной конструкции [71]:

$$C(\vec{x}) \rightarrow \inf \quad (1.1.3)$$

$$\text{при ограничениях} \quad \Phi_1(\vec{x}) \leq 0, \quad (1.1.4)$$

$$\Phi_2(\vec{x}) \leq 0, \quad (1.1.5)$$

$$\Phi_3(\vec{x}) \leq 0, \quad (1.1.6)$$

$$\Phi_4(\vec{x}) \leq 0, \quad (1.1.7)$$

$$\Phi_5(\vec{x}) \geq 0, \quad (1.1.8)$$

$$\Phi_6(\vec{x}) = 0, \quad (1.1.9)$$

где, как и ранее, \vec{x} – вектор управляющих параметров.

Кроме стоимости в роли критерия (1.1.3) могут выступать разные физические и экономические величины, такие как вес, расход материалов, силовые и деформационные факторы, эксплуатационные затраты, приведенные затраты и многое другое. Для железобетонных конструкций, например, ограничения (1.1.4) являются ограничениями по прочности, то есть, являются формальной записью какого-либо критерия прочности, зависимости (1.1.5) отображают ограничения на высоту сжатой зоны, ограничения (1.1.6) лимитируют перемещения конструкции в заданных точках, (1.1.7) – ограничения на ширину раскрытия трещин, (1.1.8) – суть технологические ограничения, а ограничения (1.1.9) в соответствии с излагаемым методом являются условиями типа (1.1.1). Ограничения (1.1.4)-(1.1.8) подробно рассмотрены, например, в [70, 71], а ограничения (1.1.9) связаны с управлением компонентами напряженно-деформированного состояния.

Общий алгоритм решения рассматриваемой задачи предполагает на первом шаге поиск вектора \vec{x} , принадлежащего области допустимых решений. Этот блок алгоритма реализует метод Киффера-Джонсона выхода на границу по заданным ограничениям [71]. Он работает следующим образом. По начальным характеристикам ("эталонное

решение") назначают стартовые геометрические характеристики элементов и с использованием процедуры МКЭ подсчитывают внутренние силовые факторы. Далее определяются сечения с максимальными силовыми факторами. В этих сечениях и в характерных, заранее назначенных, точках проверяется выполнение действия ограничений (1.1.4). Если условия (1.1.4) не выполняются, то увеличивают геометрические размеры, эффективней всего высоту сечения. Если ограничения выполняются строго, то наоборот, уменьшают геометрические размеры элемента. Дробя шаг изменения геометрических размеров, можно добиться выполнения (1.1.4), с любой, наперед заданной, степенью точности. В результате такой операции определяется вектор управляющих параметров \vec{x} , для которого ограничения по прочности выполняются как равенства. Это соответствует выходу на границу допустимых решений по (1.1.4). Далее эта процедура последовательно повторяется для остальных ограничений (1.1.5)÷(1.1.9). Причем, частичное или полное изменение вектора \vec{x} производится только в случае невыполнения какого-либо из условий (1.1.4)÷(1.1.9). При этом, последовательность операций выхода на границу области остается в силе при изменении любого из приведенных ограничений. В результате будет определен вектор управляющих параметров \vec{x} , обращающий хотя бы одно из ограничений (1.1.4)÷(1.1.8) в равенство и удовлетворяющий остальным как неравенствам.

Наряду с использованием алгоритма Киффера-Джонсона иногда допустима следующая процедура. Считается, что к моменту ее реализации каким-либо способом определены внутренние силовые факторы в сечении элемента. Тогда управляющие параметры в сечении разыскиваются из некоторой дополнительной (внутренней) задачи оптимизации. В качестве ее критерия может быть принято, например, условие максимизации какой-либо геометрической или жесткостной характеристики сечения, а в качестве ограничения условия типа (1.1.4). Так как эти условия представляют собой равенства, в целом данная задача будет являться изопериметрической.

Приведенная итерационная процедура реализует решение нелинейных задач рационализации параметров конструкций. Основой её применения служит модель деформируемого тела А.А. Ильюшина – И.А. Биргера, адаптированная к железобетонным конструкциям В.М. Бондаренко и Н.И. Карпенко [8, 13, 48, 52]. Суть её сводится к условно эквивалентной замене исходной нелинейно и, в общем случае, неупруго деформируемой среды линейной, но неоднородной. Неоднородность, в данном случае, определяется изменчивостью параметров, описывающих физико-геометрические атрибуты системы и являющихся функциями компонент, обозначающих напряжённо-

деформированное состояние. К достоинствам этой модели, в первую очередь, следует отнести её физическую прозрачность, стандартность алгоритмов учёта нелинейностей разных видов (физической, геометрической, конструкционной и т.д.), пригодность для решения как обратных, так и прямых задач [143]. В целом данная модель имеет сугубо рациональный характер и полностью коррелирует с общей формулировкой, данной Н. Бейли: "..... объект М является моделью объекта А относительно некоторой системы S характеристик (свойств), если М строится (или выбирается) для имитации А по этим характеристикам" [10]. В рассматриваемой ситуации в роли А выступает нелинейно деформируемое тело, а в роли М некоторая линейно деформируемая неоднородная среда, параметры неоднородности S которой уточняются итерационно в зависимости от характера и особенностей напряжённо-деформируемого состояния, а также процессов, учёт которых предусмотрен конкретной задачей. Так как компоненты напряжённо-деформированного состояния в, общем случае, меняются от точки к точке, параметры, описывающие среду, будут являться, в конечном итоге, функциями координат. Как показывает опыт эксплуатации этой модели её качественная и количественная адекватность существенным образом зависит от видов нелинейностей, вводимых в рассмотрение. Остановимся на одном из нюансов применения данной модели, остающимся, как правило, в стороне от проблемы, обозначающей упомянутую адекватность. Как отмечалось выше, на каждом шаге рассмотренного итерационного процесса используется метод конечных элементов, представленный, в основном, в форме метода перемещений. При этом, для трёхмерного континуума, конечноэлементная дискретизация тела предполагает неоднородность среды. Другими словами физико-геометрические параметры каждого конечного элемента могут быть различными. Тогда, в синтезирующие уравнения, записанные, например, для изотропных твёрдых тел, должны входить не только собственно упомянутые параметры, но и производные от них [6, 14]:

$$\begin{aligned} & \left[\lambda \delta_{ik} \delta_{Lm} + \mu (\delta_{iL} \delta_{km} + \delta_{im} \delta_{kL}) \right] \frac{\partial^2 u_L}{\partial x_k \partial x_m} + \\ & + \left[\frac{\partial \lambda}{\partial x_k} \delta_{ik} \delta_{Lm} + \frac{\partial \mu}{\partial x_k} (\delta_{iL} \delta_{km} + \delta_{im} \delta_{Lk}) \right] : \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_L}{\partial x_m} + \frac{\partial u_m}{\partial x_L} \right) + x_i = \frac{\partial}{\partial t} \left(\rho \frac{\partial u_i}{\partial t} \right), \end{aligned} \quad (1.1.10)$$

где $\rho = const$ - плотность материала, $u_i; u_L; u_m$ - компоненты вектора перемещений, δ_{ik} - тензор Кронекера, t - время, $\lambda(x_1; x_2; x_3)$; $\mu(x_1; x_2; x_3)$ - аналоги коэффициентов Ляме, являющиеся функциями координат $x_1; x_2; x_3$.

Однако, библиотеки практически всех известных программных средств, фундированных методом конечных элементов, как правило, не содержат элементов, определяемых (1.1.10). Их (библиотек) содержимое сводится к ситуации $\lambda_i = const$, $\mu_i = const$ (i - номер конечного элемента), соответствующей известным уравнениям теории упругости и получаемой из (1.1.10) как частный случай [54]. Как следствие, и в особенности когда $\lambda(\bar{x})$ и $\mu(\bar{x})$ имеют разрывный характера, погрешность обсуждаемой модели может быть значительной. Тем не менее, линейность модели, её простота и наглядность, возможность управления размерностью пространства переменных, включая оптимизацию учитываемых параметров, доступные средства контроля обычных и экстремальных ситуаций обеспечивает её интегральную адекватность для значительного количества практически важных случаев. Перечисленное предопределяет эффективность использования данной модели в совокупности с алгоритмами итерационного решения сложных нелинейных задач.

1.2. Энергетические критерии рациональности

*Так как здание всего мира совершенно
и возведено премудрым Творцом,
то в мире не происходит ничего,
в чём не был бы виден смысл
какого-нибудь максимума или минимума.
Л. Эйлер.*

Предлагаемый метод построения рациональных систем, в том числе и каркасных, предполагает формирование итерационных процедур, с помощью которых пошагово производится улучшение соответствующих геометрических и (или) физико-механических параметров конструктива. Данное обстоятельство является следствием нелинейности процессов, описывающих напряжённо-деформированное состояние конструкций. Многообразие видов нелинейности, в свою очередь, предопределяет невозможность построения каких-либо общих постановок и решений задач рационализации конструктивных систем.

Сказанное, в рамках формируемых моделей, обуславливает составление стратегий поиска конструктивных параметров с привлечением ограниченного числа положений (законов), описывающих движение материальной системы во времени. И здесь, искомый эффект наиболее просто может быть достигнут при эксплуатации энергетических экстремальных принципов

Для отримання повної версії роботи просимо звертатись за посиланням
<http://hnugh.b77.net.ua/contact-us/>

Оглавление

	стр.
Предисловие.	3
Глава 1. Некоторые аспекты рационального конструирования и возведения строительных систем.	9
• 1.1. Введение	9
• 1.2. Энергетические критерии рациональности	15
• 1.3. Возведение систем	23
• 1.4. Многоэкстремальность конструкторско-технологических задач	25
• 1.5. О многокритериальности при проектировании	29
• 1.6. Равнопрочность	33
• 1.7. Вычислительный аспект поиска "эталонных" решений	41
• 1.8. Трансформация геометрии конструкции при рационализации её параметров	46
Глава 2. Новые архитектурно-строительные системы и их конструктивные особенности.	58
• 2.1. Предпосылки создания	58
• 2.2. Архитектурно-строительная система "РАМПА" для массового жилищно-гражданского строительства	63
• 2.3. Каркасная строительная система "ИКАР" для гражданского строительства	77
• 2.4. Конструктивно-строительная система "ДОБОЛ" для строительства жилых зданий со свободной планировкой	89
• 2.5. Блоки с термовкладышами	97
• 2.6. Рациональные бетонные блоки стен подвалов	110
• 2.7. Металлобетонные стержни и плиты	121
• 2.8. Особенности возведения каркасных систем	123
Глава 3. Диски перекрытий с рациональными параметрами.	133
• 3.1. Общая часть	133
• 3.2. Панели и плиты перекрытий систем "РАМПА", "ИКАР", "ДОБОЛ"	134
• 3.3. Реконструкция тонкостенной оболочки перекрытия	164
• 3.4. Монолитные конструктивно ортотропные пластины	168
• 3.5. Металлобетонное пространственное перекрытие	172

Глава 4. Экспериментальные исследования элементов систем "РАМПА" и "ИКАР".

- | | |
|--|-----|
| • 4.1. Структура технического и информационного обеспечения | 177 |
| • 4.2. Натурные испытания двухэтажного фрагмента каркаса "РАМПА" на действие вертикальных нагрузок | 177 |
| • 4.3. Натурные испытания 3-х этажного фрагмента каркаса системы "РАМПА" при действии горизонтальных нагрузок | 182 |
| • 4.4. Огневые испытания фрагмента здания системы "РАМПА" | 190 |
| • 4.5. Испытания панелей, опёртых на упругий контур | 196 |
| • 4.6. Экспериментальные исследования напряжённо-деформированного состояния консолей колонн каркасной системы "ИКАР" | 218 |
| • 4.7. Исследование стыков колонн каркасной системы "ИКАР" | 226 |
| • 4.8. Исследование диска перекрытия каркасной системы "ИКАР" | 231 |
| • 4.9. Испытания блоков с термовкладышами | 244 |
| • 4.10. Испытания блоков стен подвала | 260 |
| | 269 |

Глава 5. Арматура для железобетонных конструкций. Требования, характеристики, свойства и правила применения.

- | | |
|---|-----|
| • 5.1. Основные требования к арматуре для железобетонных конструкций | 281 |
| • 5.2. Статистическая оценка показателей механических свойств арматуры | 281 |
| • 5.3. Исследование свариваемости арматуры | 283 |
| • 5.4. Экспериментально-теоретические исследования сцепления арматуры серповидного профиля с бетоном | 286 |
| • 5.5. Применение арматуры по ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций | 311 |
| | 322 |

Литература.

325

Для отримання повної версії роботи просимо звертатись за посиланням
<http://hnugh.b77.net.ua/contact-us/>